



جَامِعَة  
الْمَنَارَة  
MANARA UNIVERSITY

محاضرات مادة خرسانة مسلحة /1/

لطلاب السنة الثالثة

(هندسة مدنية)

الدكتور نزيه يعقوب منصور

2026 - 2025

جَامِعَة  
الْمَنَارَة  
MANARA UNIVERSITY



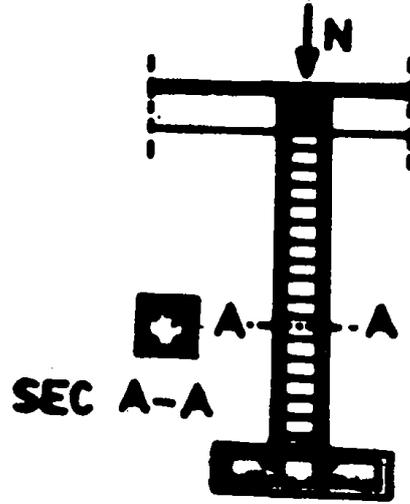
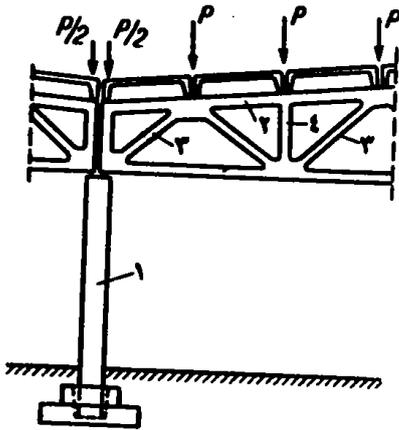
جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY

## المحاضرة الثانية

### العناصر الخاضعة لقوى محورية مركزية (ضغط-شد)

العناصر الخاضعة لقوى محورية مركزية ضاغطة (الأعمدة) وشادة (شدادات)

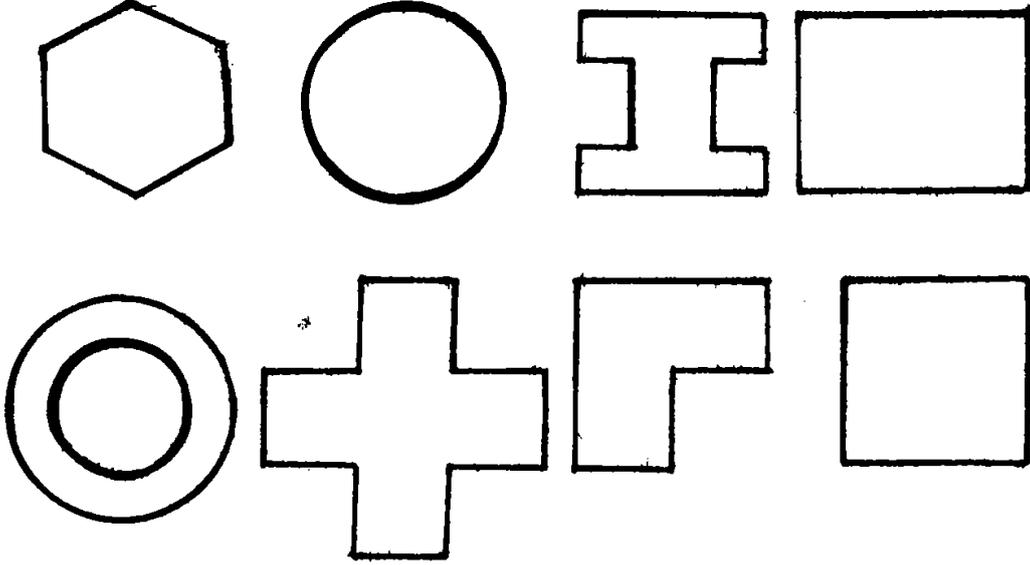
تعتبر العناصر الإنشائية مضغوطة مركزيا عندما تتعرض إلى قوى ضغط مطبقة في مراكز مقاطعها ومنطبقة على محاورها . وأهم تلك العناصر هي الأعمدة ، والأوتار العليا في الجوائز الشبكية عندما تتركز الحمولات في العقد، وأيضا في الأضلاع القائمة والمائلة للجوائز الشبكية ، شكل (3 - 1) ، وفي عناصر إنشائية أخرى .



- ١- عمدة متوسطة (عند التحميل المتكافئ من كلا الجانبين)
- ٢- الوتر العلوي للجوائز (عند تسليط الحمل في الوصلات) ،
- ٣- أضلاع قطرية صاعدة ، ٤- أضلاع قائمة

شكل (3-1) العناصر الإنشائية الخاضعة لضغط مركزي .

وغالبا ما يكون المقطع للعناصر المنضغطة مركزيا مربعا أو مستطيلا و أيضا دائريا، وفي بعض الحالات يمكن أن يكون بشكل مضلع أو يأخذ شكل I أو أشكال أخرى مختلفة ، شكل (3 - 2) .



شكل (2-3) المقاطع العرضية للعناصر الخاضعة لضغط مركزي .

ينص الكود العربي السوري على الاشتراطات العامة للاعمدة الخرسانية:

جَامَعَة  
الْمَنَارَة  
MANARA UNIVERSITY

#### ٧-١-١- الاشتراطات البعدية للأعمدة:

تتأثر أبعاد القطاع العرضي لعنصر مضغوط ومكان التسليح فيه متأثراً مباشراً بعوامل المتانة ومقاومة الحريق أو بعوامل أخرى معمارية، ويجب أن تبحث هذه العوامل أولاً قبل المباشرة في الحسابات التصميمية.

أما الأبعاد الدنيا للأعمدة فتؤخذ كالاتي:

- ١- لا يقل أصغر بعد لكل عمود مستطيل عن (200 mm)، ولا تقل مساحته عن (0.09 m<sup>2</sup>).
- ٢- لا يقل قطر كل عمود دائري عن (350 mm).
- ٣- يستثنى من ١ و ٢ أعلاه، الأعمدة غير الحاملة والأعمدة الحاملة المتقاربة ذات الطبيعة المعمارية شبه التزيينية (كاسرات شمس شاقولية مثلاً) على أن لا يزيد الحمل الحدي المطبق عليها على نصف طاقتها القصوى، بعد أخذ أثر التحنيب بالحسبان.

#### ٧-١-٢- مساحات التسليح الطولي للأعمدة:

١- تحدد مساحات التسليح العظمى للأعضاء المضغوطة محورياً بـ  $0.025 A'_c$  إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة تقل عن 30 MPa، (أما إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة لا تقل عن 30 MPa، فيمكن زيادة مساحات التسليح العظمى إلى  $0.035 A'_c$ ، كما يمكن زيادتها إلى  $0.04 A'_c$  بشرط استعمال وصلات ميكانيكية (mechanical couplers) أينما كان موقع العمود.

حيث:  $A'_c$  مساحة القطاع العرضي للعمود.

٢- في حالات الاضطرار الاستثنائي، يمكن زيادة تحمل قطاع العمود بتطويقه معدنياً أو باستعمال قطاعات معدنية داخله، وفق الملحق رقم (٩) للكود.

٣- تحدد مساحات التسليح الدنيا للقطاع المطلوب حسابياً  $A'_{cr}$  للأعضاء المضغوطة محورياً كالاتي: ( $0.01 A'_{cr}$ ) سواء كان العضو المضغوط عموداً وسطياً أو طرفياً أو ركنياً.

٤- في الأعمدة التي تزيد مساحة قطاعها على المطلوب حسابياً، يمكن حساب مساحة التسليح الدنيا بأخذ مساحة التسليح المذكورة في (٣) أعلاه، على أن لا تقل مساحات التسليح الدنيا

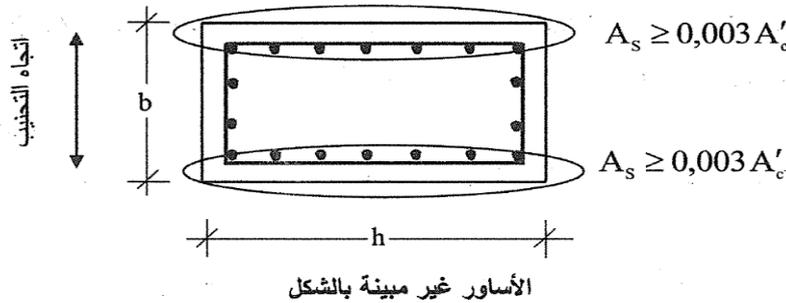
المستعملة عن  $A'_c$  0.006. أيما كان موقع العمود.

حيث:  $A'_c = b.h$  = مساحة القطاع العرضي الفعلي للعمود.

٥- في جميع الأحوال يجب أن لا تزيد مساحة التسليح الطولي في منطقة اتصال عمودين متتالين على  $A'_c$  0.06 إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة تقل عن 30 MPa ، (أما إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة لا تقل عن 30MPa، فيمكن زيادة هذه المساحات إلى  $0.07 A'_c$ ).

### ٧-١-٣- اشتراطات التسليح الطولي للأعمدة:

- ١- لا يقل التسليح الطولي في كل عمود مضلع عن قضيب واحد في كل زاوية، وفي الأعمدة الدائرية عن ستة قضبان.
- ٢- لا يقل قطر التسليح الطولي العامل عن (12 mm).
- ٣- لا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الطولي المتجاورة على (300mm) أو أصغر بعد للعمود، أيهما أصغر.
- ٤- في الأعمدة المربعة والمستطيلة النحيفة، التي تساوي أو تزيد نسبة نحافتها ( $\lambda = \frac{L_o}{i}$ ) على 40، يشترط أن لاتقل مساحة التسليح الموجودة في كل من طرفي القطاع بالاتجاه المعرض للتحنيب عن 0.3% من مساحة القطاع الكلية، كما في الشكل (٧-١).



الشكل (٧-١): مساحات التسليح الدنيا في القطاعات المستطيلة للأعمدة النحيفة

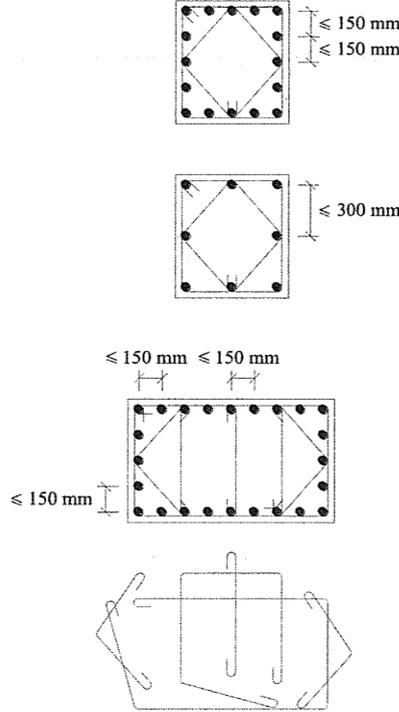
ملاحظة: الأساور غير مرسومة على الشكل

### ٧-١-٤- اشتراطات التسليح العرضي للأعمدة:

#### ٧-١-٤-١- التسليح العرضي في الأعمدة غير المطوقة (أساور عادية):

أ- في الأعمدة المستطيلة، يتم تركيب التسليح العرضي بحيث يربط كل قضيب طولي بفرعي اسواره لا تزيد الزاوية بينهما على 135 درجة، إلا إذا كان التباعد بين قضبان التسليح الطولي أقل أو يساوي 150mm، فيمكن أن يُكتفى بتحقيق هذا الشرط على قضبان الزوايا، ومن ثم

على القضبان الوسطية بالتناوب. وإذا زاد أي من بُعدي العمود على (300 mm) فيلزم إضافة أساور وسطية (الشكل ٧-٢).



الشكل (٧-٢): ترتيب الأساور في القطاعات المستطيلة للأعمدة في الطوابق العلوية أما الربع السفلي من الطوابق فتتخذ الملاحظات الواردة أدناه

في كل مبنى يزيد ارتفاعه عن خمسة طوابق:

١. تحدد طول منطقة التكتيف عن  $h/5$  أو  $50\phi$  أيهما أكبر وخارج منطقة التكتيف  $S \leq 20cm$ .

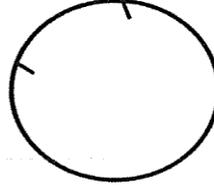
٢. في الربع السفلي من عدد طوابق البناء يجب ألا تزيد المسافة بين قضيب مربوط وآخر غير مربوط عن 12.5 cm، والبعد بين قضيبين مربوطين عن 25 cm.

٣. في باقي الطوابق تبقى كما في السابق.

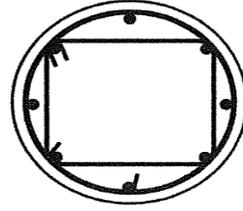
ب- في الأعمدة الدائرية تستعمل أساور حلقيّة على شكل دائرة مغلقة مع تحقيق طول تماسك كافٍ كما في الشكل (٧-٢أ). وإذا زاد قطر العمود على (400 mm)، يجب استعمال شناكل أو أساور مربعة أو مستطيلة كما في الشكل (٧-٢أ)، إضافة للأساور الحلقية، لأن الأساور الحلقية قد لا تكون كافية في مثل هذه الحالات لتحمل الشد الناتج عن تحنيب قضبان التسليح.



جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY



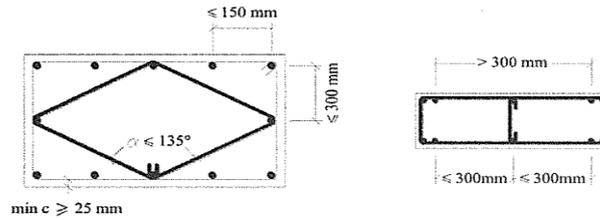
الشكل (٢-٧-أ): شكل إسوارة الأعمدة الدائرية ذات الأقطار التي لا تتعدى 400 mm



$$D > 400 \text{ mm}$$

الشكل (٢-٧-أ): شكل أساور الأعمدة الدائرية ذات الأقطار التي تتعدى 400 mm

- ج- لا يقل قطر الأساور عن ثلث قطر قضبان التسليح الطولي أو (6mm) أيهما أكبر، ولا يزيد على (12mm). ويزاد القطر الأدنى للأسوار المحيطة إلى (10mm) إذا لم تقل مساحة مقطع العمود على (0.25m<sup>2</sup>)، أو عندما يكون طول مقطعها 80 cm أو أكبر.
- د- لا يقل تباعد الأساور عن (100 mm)، ولا يزيد على 15 مرة أصغر قطر قضيب تسليح حسابي مربوط بالأسوار، ولا على عرض العمود، ولا على (300mm)، كما في الشكل (٢-٧-ب).



الشكل (٢-٧-ب): مسقط يبين الأساور

- هـ- تكثف الأساور في مناطق وصل القضبان، بحيث لا يزيد التباعد بين الأساور في هذه المناطق على (150 mm).
- و- في الإطارات العزمية المتوسطة المحلية (أي المتوسطة بمفهوم هذا الكود الأساس) يلزم تكثيف الأساور في مناطق اتصال الجوائز مع الأعمدة (في الجائزين يمين ويسار الوصلة، وفي العمودين فوق وتحت الوصلة)، بحيث يتم تكثيف عدد الأساور في هذه المناطق (كما في الأشكال الآتية (٢-٧-ج) و (٢-٧-د) و (٢-٧-هـ)) في المناطق الزلزالية التي تقل عن 3،

مع ضرورة عدم تنفيذ وصلات الأساور على خط شاقولي واحد. أما في المنطقتين الزلزليتين 3 و 4، فيلزم استعمال إطارات خاصة مقاومة للعزوم، ويرجع إلى الملحق (ز) في هذا الكود الأساس، وإلى الملحق (٢) للكود، الخاص بالزلازل، من أجل هذه الإطارات،

وتكتفئ الأساور في حالة عمود منفرد، وفي حالة الأعمدة المخفية لجدران القص. يستمر تكثيف الأساور في الأعمدة (أعلى وأسفل عقدة الاتصال مع الجوائز والبلاطات) ضمن الارتفاع المشترك مع الجوائز والبلاطات، إلا إذا كان العمود مطوقاً بجوائز من الأطراف الأربعة، على أن لا يقل عرض أي جائر منها عن ثلثي (2/3) بُعد العمود باتجاه عرض الجائر المطوق، وتطبق هذه الملاحظة على الأعمدة المخفية في جدران القص إذا زادت نسبة تسليح هذه الأعمدة على 2% .

**ملاحظة:** يمكن عدم اعتماد هذا التكتيف في الأعمدة التي لا يتم أخذ مساهمة إطاراتها بالحسبان في مقاومة الزلازل (أي الإطارات العزمية العادية OMRF)، وذلك في حال تبين من إجراء التحقيقات والحسابات للقوى الزلزالية التي ستعرض لها هذه الإطارات، وفقاً للمطلوب في هذا الكود الأساس وفي الملحق (٢) عدم حاجتها للتكتيف.

ز- إضافة لما ذكر في هذا الفصل (١-٧) للأعمدة، يلزم تحقيق الاشتراطات الآتية لأعمدة الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم بمفهوم هذا الكود الأساس (المتوسط المحلي):

١- تصمم المقاطع العرضية لأعمدة وجوائز الإطار المتوسط المقاومة (بمفهوم هذا الكود الأساس، أي المتوسط المحلي)، لمقاومة قوى قص حسابية، تحدد من قيم العزوم القصوى الإسمية (عامل تخفيض المقاومة  $\Omega = 1.0$ ) عند العقد، مع إجهاد شد أعظمي يساوي  $f_y$ ، دون تكبيره بمعامل تكبير يساوي 1.25 (الذي يتم استعماله في الإطارات العزمية الخاصة). أي تحدد قيمة العزم الإسمي الأقصى، عند كل من نهايتي العمود أو الجائر من العلاقة:

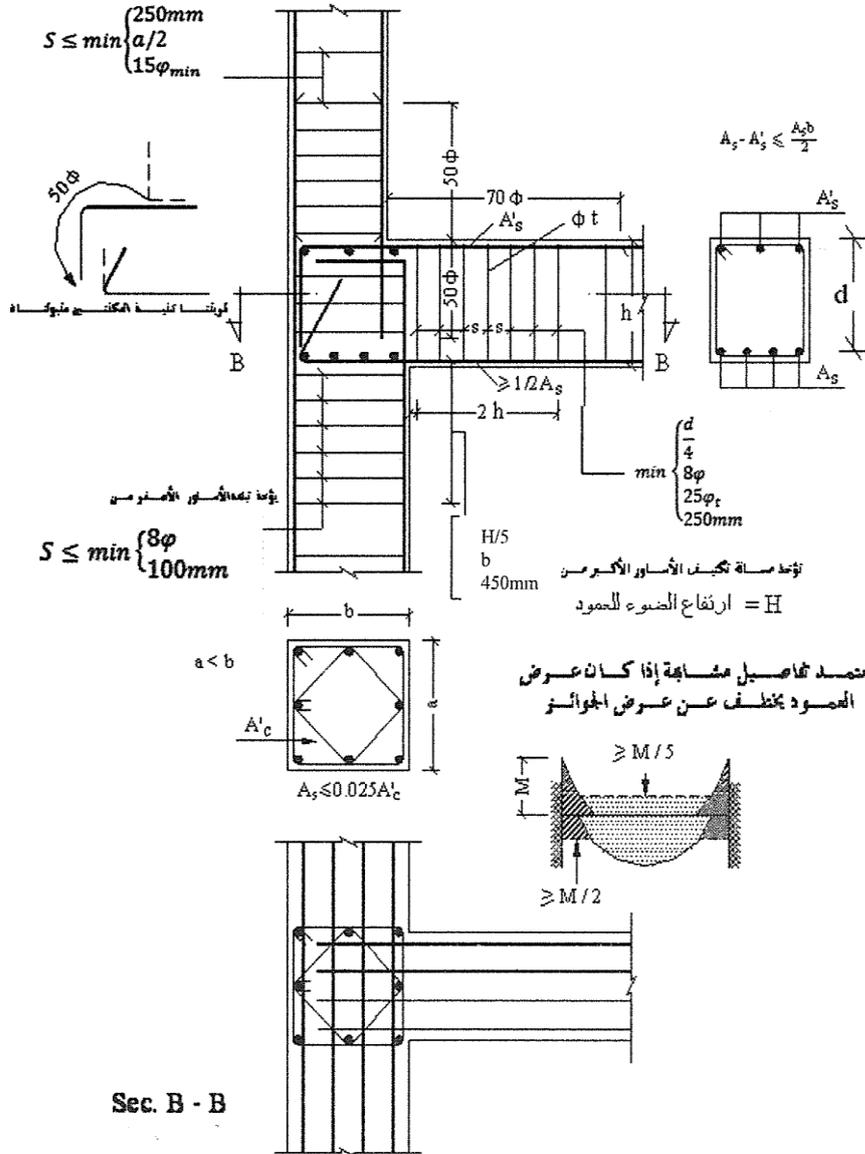
$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d-y/2)$$

٢- ينوه إلى أن هذه التفصيلات هي الحد الأدنى للإطار متوسط المقاومة للعزوم المحلي (أي بمفهوم هذا الكود حصراً)، علماً بأن التفصيلات المطلوبة للإطار متوسط المقاومة للعزوم، بمفهوم الكودات العالمية، تختلف عن هذه التفصيلات، وهي مبينة في الملحق (ز) من هذا الكود.

ح- في المناطق الزلزالية 2(A-B-C) و 3 و 4، يتوجب استعمال نسبة تسليح عرضي دنيا، وذلك في جميع أشكال مقاطع الأعمدة، كما في حالة الجوائز، أي بحيث لا تقل مساحة التسليح العرضي (الأساور والشناكل) عن:

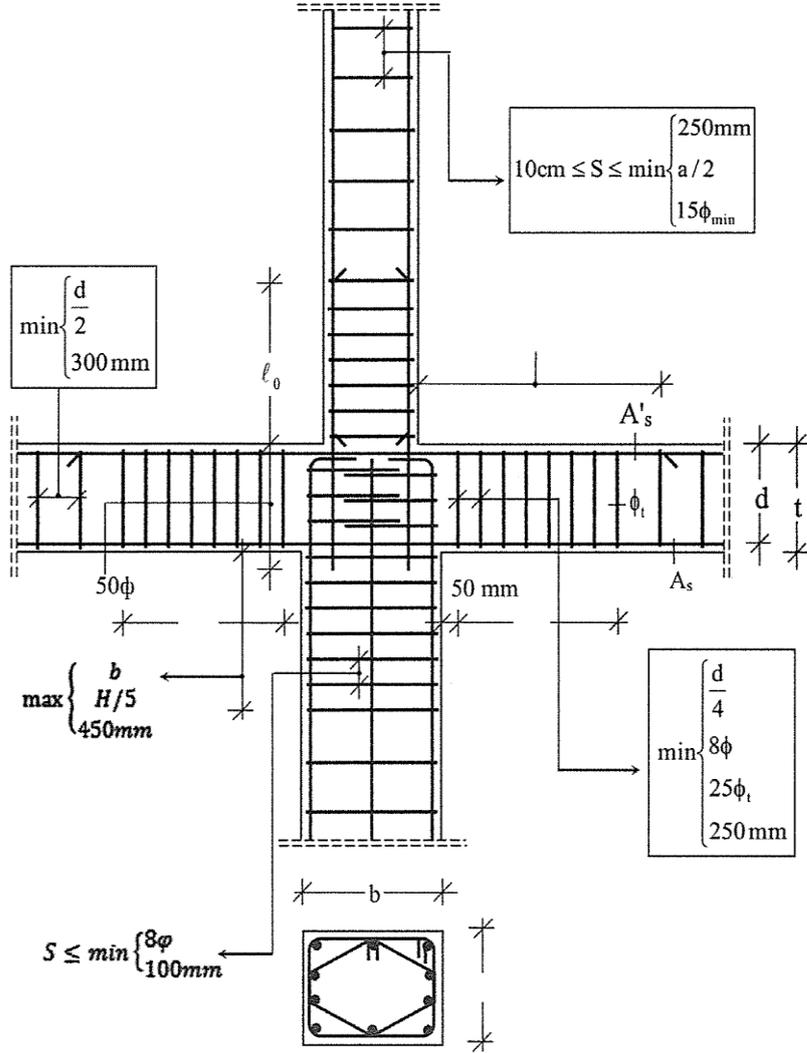
$$A_{stmin} = \frac{0.35}{f_y} \cdot b \cdot s \text{ (or } d \cdot s)$$

$$(A_{stmin} = \frac{3.5}{f_v} \cdot b \cdot s \text{ (or } d \cdot s) \text{ : (وفي النظام المتري)}$$



الشكل (٢-٧-ج): تفاصيل تسليح العقدة الطرفية في الإطار العزمي المتوسط المحلي إذا كان بعد العمود العلوي أصغر من السفلي (الأعمدة مدخلة في مقاومة الزلازل)

تفاصيل تسليح الإطارات العزمية الخاصة المحلية فهي معطاة في الملحق رقم (٢) من الكود. ملاحظة: راجع الفقرة (٢-١-٧) أعلاه، فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى للأعمدة



الشكل (٢-٧-د): تفاصيل تسليح عقدة اتصال وسطية للجوائز مع الأعمدة في الإطار العزمي المتوسط المحلي إذا كان بعد العمود العلوي أصغر من السفلي (الأعمدة مدخلة في مقاومة الزلازل)

ملاحظة: راجع الفقرة (٢-١-٧) أعلاه، فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى للأعمدة



- ج- لا تقل خطوة الحزون عن (40 mm).
- د- يجب الاحتفاظ بالخطوة ثابتة، وتم وصلات الحزون عن طريق تراكب 1.5 لفة على الأقل.
- هـ- لا تقل المساحة المكافئة لتسليح التطويق العرضي ( $A_{sp}$ ) المعرف بالبند (١٠-٣-٣-٢) عن:

$$(A_{sp})_{min} = 0.45 \left[ \frac{A'_c}{A'_k} - 1.0 \right] \frac{f'_c}{f_{yp}} \cdot A'_k$$

حيث:  $A'_c$  = المساحة الكلية للقطاع الخرساني.

$A'_k$  = مساحة نواة القطاع الخرساني.

$f'_c$  = المقاومة المميزة للخرسانة على الضغط.

$f_{yp}$  = المقاومة المميزة لتسليح التطويق العرضي.

و- لا تزيد المساحة المكافئة لتسليح التطويق العرضي على:

$$(A_{sp})_{max} = 0.34 \left[ \left( 1.412 \frac{A'_c}{A'_k} - 1.0 \right) \frac{f'_c}{f_{yp}} + 0.484 \frac{A'_s}{A'_k} \cdot \frac{f_y}{f_{yp}} \right] \cdot A'_k$$

حيث:  $f_y$  = المقاومة المميزة لفلواز التسليح الطولي.

$A'_s$  = مساحة التسليح الطولي.

- ز- إذا تبين نتيجة للحساب ضرورة استعمال تسليح عرضي تزيد مساحته المكافئة على  $(A_{sp})_{max}$ ، وجب تعديل التصميم بزيادة التسليح الطولي، أو أبعاد القطاع الخرساني أو كليهما بما يحقق الشرط  $A_{sp} \leq (A_{sp})_{max}$ ، أو تطويق القطاع معدنياً واستعمال قطاعات معدنية داخل قطاع العمود. وفي هذه الحالات يحسب قطاع العمود من الملحق رقم (٩).

#### ٧-١-٥ - أطوال التحنيب للأعمدة:

##### ٧-١-٥-١ - الطول الحسابي:

- أ - يؤخذ  $L$  (أو  $l_{eff}$ ) فيما يلي مساوياً للطول الحر للعنصر في الاتجاه المدروس على التحنيب، كما في الشكل (٣-٧).

ب- يفرق ما بين العناصر في الهياكل المسندة جانبياً والهياكل غير المسندة جانبياً:

- ١) الهياكل المسندة جانبياً هي الهياكل المقواة بعناصر لمقاومة الانزياح الجانبي، كأن تحتوي على جدران قص أو رباطات شبكية تساوي قساواتها ما لا يقل عن ستة أضعاف مجموع قساوات الأعمدة في كل طابق وفي الاتجاه المدروس.
- ٢) الهياكل غير المسندة جانبياً هي الهياكل غير المقواة بعناصر لمقاومة الانزياح الجانبي، والتي تعتمد على قساوات أعمدتها فقط في مقاومة الأفعال الناتجة عن الانزياح الجانبي.

(٣) يؤخذ الطول الحسابي  $L_0$  لأعمدة الهياكل المسندة جانبياً كما يلي:

حالة عنصر متمفصل من طرفيه.  $L_0 = L$

حالة عنصر متمفصل من طرف ومثبت من الطرف الآخر (وثاقه

جزئية).

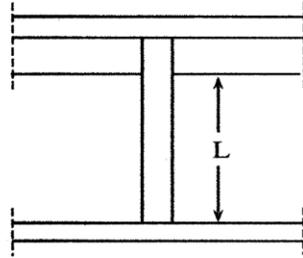
حالة عنصر مثبت (وثاقه جزئية) من الطرفين.  $L_0 = 0.70 L$

في حالة المباني العادية.  $L_0 = L$

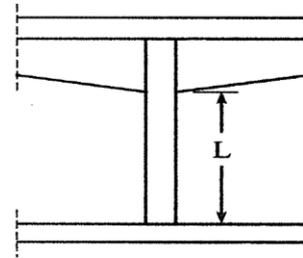
(٤) يؤخذ الطول الحسابي  $L_0$  لأعمدة الهياكل غير المسندة جانبياً كما يلي:

$$L_0 = \alpha .L \text{ (or } = k . l_u)$$

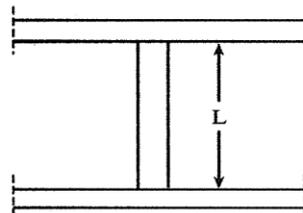
ويمكن بدلا من حساب  $L_0$  اعتماد التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية، الذي يأخذ بالحسبان تأثير  $P-\Delta$  (أي تحسب القوى الداخلية والعزوم الإضافية الناتجة من الانزياحات الجانبية وتأثير الأحمال الشاقولية عليها).



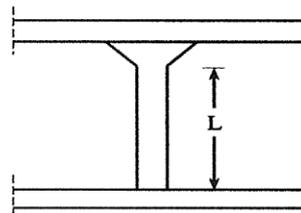
أسقف ذات جيزان من دون شطافات



أسقف ذات جيزان لها شطافات



أسقف فطرية من دون تيجان



أسقف فطرية مع تيجان

### الشكل (٧-٣): أطول تحنيب الأعمدة

حيث:  $\alpha$  = معامل يؤخذ من الشكل (٧-٤).

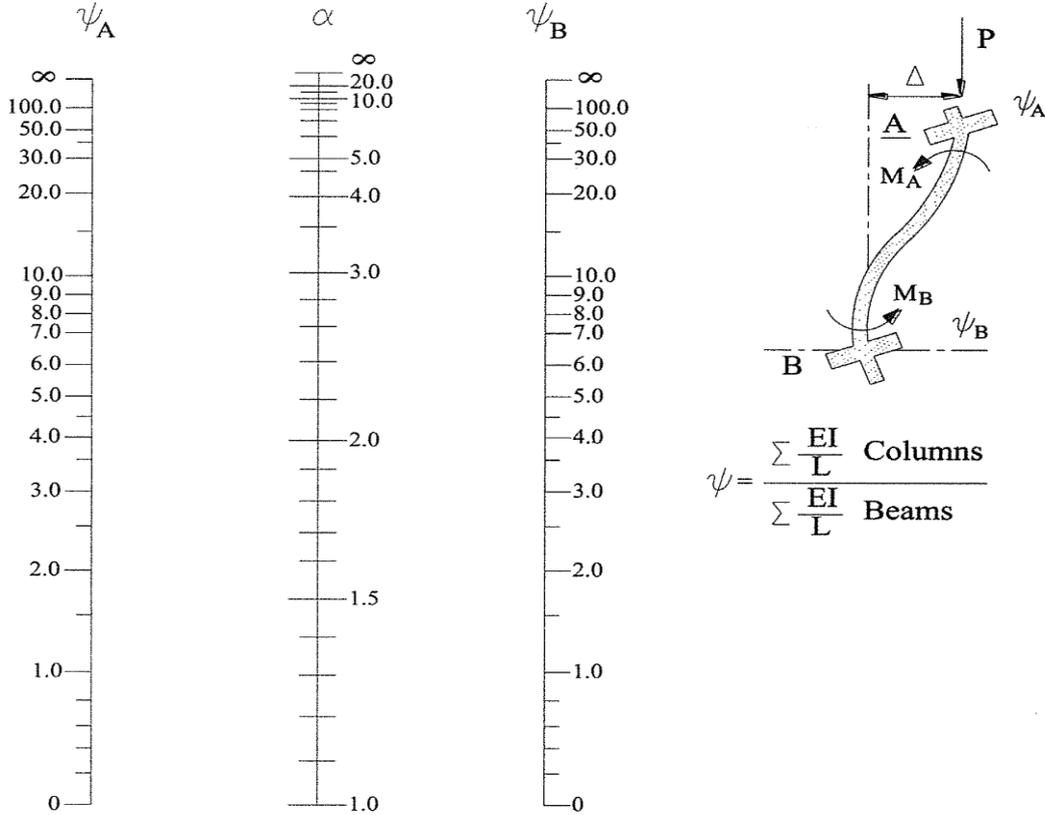
$\psi_A$  = مجموع قساوات الأعمدة مقسومة على مجموع قساوات العناصر الخاضعة

للالنعطاف (الجوائز) لأحد طرفي العنصر.

$\psi_B$  = مجموع قساوات الأعمدة مقسومة على مجموع قساوات العناصر الخاضعة لالنعطاف

(الجوائز) عند الطرف الآخر للعنصر.

مع التذكير بضرورة تخفيض عزم عطالة الجائز بالقيمة 0.6 لأخذ تأثير التشقق بالحسبان.



الشكل (٧-٤): قيم المعامل  $\alpha$  لحساب  $\psi$  في الأعمدة غير المسندة جانبياً (غير المقواة)

٧-١-٥-٢- الأعمدة الطويلة والأعمدة القصيرة المسندة جانبياً:

يعد العنصر المضغوط (العمود):

أ - طويلاً إذا زادت نسبة أحد طوليه الحسابيين (بالاتجاهين المتعامدين) على سمك قطاعه في الاتجاه المعتمد على 12 بالنسبة لعمود ذي قطاع مستطيل أو مربع و10 بالنسبة لعمود ذي قطاع دائري.

ب - قصيراً إذا لم تزد النسبة على القيم المحددة في (أ) أعلاه.

ج - في حالة الأعمدة ذات القطاعات غير المستطيلة أو الدائرية، يعد العمود طويلاً إذا زادت

نحافته  $\frac{L_o}{i}$  على 40

حيث:  $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$  هي نصف قطر العطالة في الاتجاه المدروس.

٧-١-٥-٣- القيمة العظمى المسموحة للتحافة:

أ- يجب ألا تزيد تحافة العضو المضغوط  $\frac{L_0}{i}$  في كل اتجاه على 100 إلا في الحالتين

الآتيتين:

(١) عندما يجري تحليل حسابي للمنشأة بالطرائق الدقيقة مع أخذ الأفعال من الدرجة الثانية

بالحسبان (تأثير  $P-\Delta$ ) (أي تأثير انحراف المنشأة على القوى الداخلية فيها).

(٢) في العناصر المضغوطة ذات الأهمية الثانوية كالعناصر التزيينية أو المتقاربة.

ب- وفي جميع الحالات، يجب ألا تزيد تحافة العضو المضغوط في كل اتجاه على 150.

٩-٢-٣- العلاقات الأساسية للحساب في حالات الضغط البسيط (الأعمدة القصيرة) المسندة  
جائياً:

٩-٢-٣-١- يُعدّ العضو المضغوط قصيراً، إذا لم تزد تحافته  $\left(\lambda = \frac{L_0}{i}\right)$  على 40.



معرضة للضغط البسيط، وفقاً لما هو مبين أعلاه في هذا البند، حتى لو لم تتحقق اشتراطات الفقرة المدونة أعلاه، وذلك بعد تقسيم الطرف الأيمن للعلاقتين (9.1) أو (9.2) على معامل التكافؤ  $k_e$  الوارد في الجدول (٢-٨) من البند (٥-٣-٨)، والذي يلحظ ضمناً، أثر عزوم الانحناء المنقولة إلى الأعمدة والتي أهمل حسابها.

أما في الحالات الأخرى التي لا تنطبق عليها الاشتراطات الواردة أعلاه، وحيث يُعرض الترتيب الإنشائي للعناصر، الأعمدة لعزوم انحناء من الأحمال المطبقة، فيجب أخذ هذه العزوم في الحسبان بلا مركزية دنيا (بما فيها اللامركزية الطارئة) لا تقل عن 25mm أو عن 0.1 من العمق الكلي للقطاع في اتجاه العزم، أيهما أكبر، وحساب الأعمدة بصفتها عناصر معرضة لضغط لا مركزي، على أن تحسب قيم عزوم الانحناء وفقاً لما ورد في الباب الثامن.

#### ٩-٢-٤- العلاقات الأساسية للحساب في حالة الشد البسيط:

يجري حساب القطاعات المعرضة إلى قوى شادة مركزية أو لا مركزية، بحيث تقع محصلة قوة الشد المطبقة داخل المنطقة المحددة بقضبان التسليح المحيطية، كالاتي:

٩-٢-٤-١- تعد قوة الشد في هذه الحالة محملة بكاملها على التسليح، وتهمل مساهمة

الخرسانة، وتحقق مساحة التسليح العلاقة الآتية:

$$N_u \leq \Omega A_s f_y \dots\dots\dots (9.4)$$

حيث:  $N_u$  = قوة الشد الناظرية القصوى المطبقة على القطاع.

$f_y$  = حد خضوع فولاذ (صلب) التسليح.

$A_s$  = مساحة تسليح الشد في القطاع.

$\Omega$  = معامل تخفيض المقاومة، ويؤخذ مساوياً إلى 0.9.

مع التذكير بضرورة زيادة مساحة التسليح أو تصغير أقطاره أو كلاهما لتحقيق شرط حد التشقق.

٩-٢-٤-٢- توزع قضبان التسليح في القطاع بحيث يكون مركز ثقلها منطبقاً مع نقطة تطبيق القوة الشادة ( $N_u$ ) للحالة الحرجة. وتحسب مساحات التسليح على هذا الأساس لجميع حالات التحميل، وتؤخذ مساحة التسليح الأكبر في كل جهة.

٩-٢-٤-٣- عندما لا يُشترط منع التشقق، فإن مساحة الخرسانة المطلوبة تحدد بحيث تؤمن الحماية الكافية لقضبان التسليح، أو تحدد من شرط السهم الناتج عن الوزن الذاتي إن وُجد. أما في الحالات التي يُشترط فيها منع التشقق، فيتم حساب أبعاد القطاع على إجهادات المرحلة الأولى، كما في البند (٣-٢-٣-١٠).

## حالات التحميل المبسطة للأعمدة :

من أجل حساب القوى الناظمية في الأعمدة، تعدّ جميع الطوابق التي تعلو العمود (فوق المنسوب المدروس) محملة بكامل الأحمال الحية والميتة، مع إمكانية اعتماد نسب تخفيض الحملات الحية. أما من أجل حساب العزوم على الأعمدة، فيمكن الإقتصار على دراسة حالات التحميل الواردة في البند (١-٢-٣-٨) للجوائز في سقف الطابق المدروس، ويُختار منها عند تصميم الأعمدة الحالات الآتية:

- أ - حالات التحميل التي ينتج عنها أكبر عزم انحناء مصعد مع الحمل الناظمي المصعد المرافق.
- ب - حالات التحميل التي ينتج عنها أكبر حمل ناظمي مصعد مع عزم الانحناء المصعد المرافق.
- ج - حالة التحميل التي ينتج عنها أكبر لا مركزية، مع الحمل الناظمي المصعد وعزم الانحناء المصعد المرافقين (إن اختلفا عن (أ) أعلاه).
- د - عند الحساب في حالات حدود الاستثمار، تُحسب القوى الداخلية بقيمتها الاستثمارية غير المصعدة، عند تطبيق أحكام الفقرات (أ-ب-ج) أعلاه.

## حساب الاعمدة :

أ- لحساب القوى الناظمية تؤخذ ردود أفعال الجوائز، إذا كانت محسوبة بطرائق التحليل، أما إذا كانت محسوبة بالطرائق المبسطة المسموح استعمالها، فيؤخذ الاستمرار بالحسبان، على ألا يقل رد الفعل دوماً، عن رد فعل الجائر البسيط الاستناد عند المساند الداخلية.

ب- يمكن أيضاً، ومن أجل الحساب الأولي، حساب الأحمال بتحديد المساحات الطابقية التي تُغذي العمود بالأحمال (مع أخذ الخطوط المنصّفة للمسافات بين الأعمدة في الحسبان)، وفي هذه الحالة يجب لحظ أثر الاستمرار، بزيادة الحمل الناتج عن الطابق المدروس بمقدار 10%، عن كل اتجاه يكون فيه العمود أول عمود داخلي إذا كان عدد المجازات بالاتجاه المدروس يزيد على اثنين، و15% إذا كان عدد المجازات في الاتجاه المدروس اثنين فقط.

ج- يمكن أن يؤخذ في حساب القوى الناظمية على الأعمدة، تخفيض الأحمال الحية في الأبنية المتعددة الطوابق، وفقاً للبند (3-3-5).

د- في الحالة العامة، يجب حساب عزوم الانحناء على الأعمدة مع أخذ أسوأ وضعية تحميل للأحمال الحية بالحسبان، ويمكن اعتماد نماذج مبسطة للحساب، كما سبق في البند (1-3-8).

هـ- إذا بيّن التحليل الإنشائي أن العمود غير خاضع لعزم انحناء في أخطر حالات التحميل، وخاضع لعزم انحناء يؤدي إلى لا مركزية (e)، لا تزيد على 0.05 من الارتفاع الكلي لمقطع العمود في الاتجاه المدروس، يمكن إهمال تأثير العزم، وحساب قطاع العمود وتسليحه بافتراضه معرضاً للضغط البسيط، كما سيرد في الباب التاسع أو الباب العاشر حسب الحال.

و- يمكن عدّ الأعمدة الوسطية التي تتركز عليها جوائز أو بلاطات ذات مجازات متقاربة، بمثابة أعمدة خاضعة للضغط البسيط من الأحمال الشاقولية، ولا يُطلب حساب العزوم المطبقة عليها، ويُستثنى من ذلك الأعمدة الحاملة لبلاطات فطرية.

ز- استثناء مما ورد أعلاه، يمكن للمصمم (اعتماداً على تقديره)، وفي حالة الأبنية الهيكلية الطابقية ذات المجازات المألوفة في المباني السكنية والتجارية وما شابهها، إهمال تأثير العزوم من الأحمال الشاقولية، وحساب قطاعات الأعمدة على الضغط البسيط، مع إدخال أثر العزوم الطارئة بصورة ضمنية، باعتماد العامل  $k_e$  الوارد في الجدول (8-2-أ)، (انظر أيضاً البندين 9-2-3 و 10-3-3).

الجدول (٢-٨-أ): عامل التكافؤ  $k_e$

الأعمدة الركنية	الأعمدة الطرفية	الأعمدة الوسطية	موقع العمود الطابق
2:0	1.6	1.3	الطابق الأخير
1.7	1.4	1.2	الطابق تحت الأخير
1.30	1.15	1.1	باقي الطوابق

ملاحظة: لا يدخل أثر عامل التكافؤ  $k_e$  في حساب الأساسات أو الجدران التي تتركز عليها الأعمدة في حال وجودها. أما في حالات كون الأعمدة الطرفية أو الركنية حاملة لبلاطات طرفية مصممة، أو مصممة مع جوائز، أو مفزعة ومجازها لا يقل عن ثلث المجاز المجاور، فيمكن تخفيض قيم عامل التكافؤ  $k_e$  الواردة في الجدول (٢-٨-أ) بحيث لا تقل عن القيم الواردة في الجدول (٢-٨-ب).

الجدول (٢-٨-ب): عامل التكافؤ  $k_e$

الأعمدة الركنية	الأعمدة الطرفية	الأعمدة الوسطية	موقع العمود الطابق
1.6	1.5	1.3	الطابق الأخير
1.4	1.3	1.2	الطابق تحت الأخير
1.2	1.1	1.1	باقي الطوابق

٨- في حالة البلاطات الفطرية (من دون جوائز) أو ما يُماثلها، التي تعتمد في حسابها على طريقة العوامل المبسطة الواردة في البند (٦-٤-٨)، تُحسب العزوم على الأعمدة الداخلية والخارجية كما سيرد في البند (٢-٦-٤-٨-و).

٩- يُؤخذ أثر التحنيب على الأعمدة وفق ما سيرد في البند (٦-٢-٩) أو البند (٤-٣-٣-١٠) حسب الحال.

## حساب وتحقيق العناصر الخاضعة للضغط المركزي المسلحة بقضبان طولية و اساور عرضية :

في حالة تحقيق هذه العناصر يكون كل من المقطع والتسليح معلوما وأيضا القوى المركزية القصوى المطبقة على المقطع، نحسب التحمل الأقصى للمقطع من العلاقة (2-3) ونقارنه مع القوى القصوى المطبقة، يجب أن يكون تحمل المقطع أكبر او يساوي القوى المطبقة و إلا فإن المقطع يكون غير محقق .

عند تصميم المقطع نصادف حالتين :

- أبعاد المقطع معلومة والمطلوب إيجاد التسليح اللازم للمقطع :
- نحسب التسليح الطولي اللازم بشكل مباشر من العلاقة (2-3) ، نختار التسليح الطولي اللازم، ونتحقق من نسبة التسليح فإذا كانت أصغر من الدنيا عندئذ تؤخذ مساوية للدنيا، وإذا زادت عن العظمى يكون المقطع البيتوني غير كافيا . واخيرا يتم اختيار التسليح العرضي بما يحقق للشروط .
- أبعاد المقطع البيتوني غير معلومة وأيضا التسليح غير معلوم :
- في هذه الحالة نفرض نسبة التسليح  $(\mu_s = A_s' / A_c')$  ويفضل دوما أن تكون قريبة من النسبة الدنيا لأن التسليح الطولي لا يزيد كثيرا من طاقة تحمل العناصر المعرضة للضغط المركزي وبالتالي من أجل تحقيق الناحية الاقتصادية. أما إذا فرضت الشروط المعمارية أصغر مقطع عرضي للعنصر فعندها يجب إعطاء النسبة العظمى أو أدنى منها بقليل للتسليح الطولي ، وبعد فرض نسبة التسليح يمكن اختيار أبعاد المقطع استنادا إلى العلاقات التالية :
- يمكن وضع العلاقة (2-3) بالشكل التالي :

$$N_u = 0,8 \cdot \Omega \cdot A_c' (0,85 f_c' + f_y \cdot \frac{A_s'}{A_c'})$$

$$N_u = 0,8 \cdot \Omega \cdot A_c' (0,85 f_c' + \mu_s \cdot f_y)$$

$$A_c' = \frac{N_u}{0,8 \cdot \Omega (0,85 \cdot f_c' + \mu_s \cdot f_y)} \quad (3-3)$$

وبعد اختيار المقطع البيتوني للعنصر يمكن تحديد مقطع التسليح الطولي حسب العلاقة :

$$A_s' = \mu_s \cdot A_c' \quad (3-4)$$

ونختار التسليح العرضي بما يحقق الشروط المذكورة في الفقرة 3-1-2 .

## حساب وتحقيق العناصر الخاضعة للضغط المركزي المسلحة بقضبان طولية وحلزونية :

في حالة تحقيق المقطع يتم ايجاد التحمل الأقصى للمقطع وفق العلاقة (5) - (3) وبالإستعانة بالعلاقة (6) - (3) ، ومن ثم نقارن مع القوى المركزية القصوى المطبقة على المقطع .

أما بالنسبة لتصميم المقطع فنصادف حالتين :

- عندما يكون المطلوب تصميم كل من المقطع البيتوني والتسليح : نفرض نسبة تسليح طولي ونسبة تسليح حلزوني فنجد المقطع العرضي للعنصر كما يلي :

يمكن وضع العلاقة الأساس (5) - (3) بالشكل التالي :

$$N_u = 0,85 \Omega A'_k \left( 0,85 \cdot f'_c + \frac{A'_s}{A'_k} f_y + 2,5 \frac{A'_{sp}}{A'_k} f_{yp} \right)$$

بما أن :  $\mu'_{sp} = \frac{A'_{sp}}{A'_k}$  هي نسبة التسليح الحزوني .

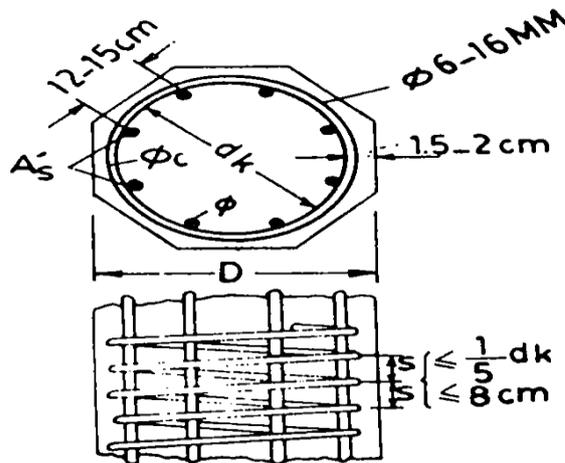
هي نسبة التسليح الطولي إلى مقطع النواة .  $\mu'_k = \frac{A'_s}{A'_k}$

تصبح العلاقة (5) - (3) على النحو التالي :

$$N_u = 0,85 \cdot \Omega \cdot A'_k \left( 0,85 \cdot f'_c + \mu'_k \cdot f_y + 2,5 \mu'_{sp} \cdot f_{yp} \right)$$

ومنه نجد :

$$A'_k = \frac{N_u}{0,85 \cdot \Omega \left( 0,85 f'_c + \mu'_k \cdot f_y + 2,5 \cdot f_{yp} \cdot \frac{\mu'_{sp}}{s_p} \right)} \quad (3 - 10)$$



شكل 3 - 5 - العناصر الخاضعة لضغط مركزي والمسلحة بقضبان طولية وحلزونية .

$$A'_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \quad \text{وبما أن}$$

يمكننا تحديد قطر النواة بالشكل التالي "

$$d_k = \sqrt{\frac{4Nu}{\pi \cdot 0,85 \cdot \Omega(0,85f_c + \mu'_k \cdot f_y + 2,5\mu'_{sp} \cdot f_{yp})}} \quad (3-11)$$

ويعد تحديد أبعاد العنصر يحدد التسليح الطولي والتسليح الحلزوني من العلاقتين

$$\left. \begin{aligned} A'_s &= \mu'_k \cdot A'_k \\ A'_{sp} &= \mu'_{sp} \cdot A'_k \end{aligned} \right\} \dots\dots (3-12)$$

وإذا كان مقطع قضيب الحلزون ( $a_{sp}$ ) معروفاً يمكن إيجاد الخطوة من العلاقة (3 - 6) حيث تكتب بالشكل :

$$S = \frac{\pi \cdot d_k \cdot a_{sp}}{A'_{sp}} \quad (3-13)$$

وإذا كانت خطوة الحلزون ( $S$ ) معروفة يمكن إيجاد مقطع قضيب الحلزون من العلاقة (3 - 6) أيضاً بالشكل :

$$a_{sp} = \frac{S \cdot A'_{sp}}{\pi \cdot d_k} \quad (3-14)$$

- عندما يكون المقطع محدداً والمطلوب حساب التسليح : في هذه الحالة نفترض نسبة للتسليح  $\mu'_k = \frac{A'_s}{A'_k}$  وغالباً ما تكون قريبة من نسبة التسليح العظمى وذلك للاستفادة قدر الإمكان من إسهام التسليح الطولي، وبالتالي يمكن حساب مقطع التسليح الطولي من العلاقة :

$$A'_s = \mu'_k \cdot A'_k \quad (3-15)$$

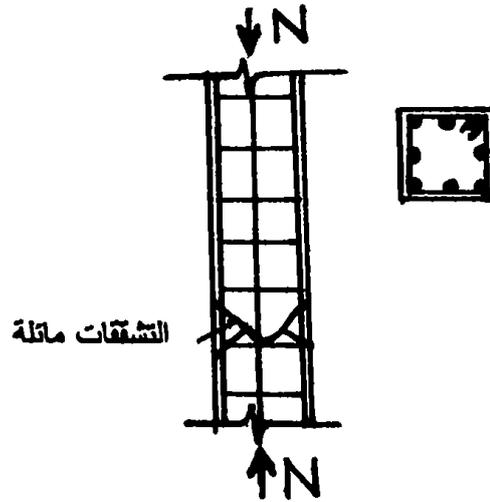
وبتطبيق العلاقة الأساس (3 - 5) نجد المساحة المكافئة للتسليح الحلزوني ومن ثم نوجد مقطع الحلزون وخطوته كما ورد في العلاقتين (3-13) و (3-14).

وفي جميع الأحوال يجب التأكد من تحقق الشرط المتعلق بنسبة التسليح الحلزوني الدنيا كما في العلاقة (3 - 9) ومن الشرط الذي يحدد الحد الأقصى

لمقاومة مقطع مسلح بتسليح حلزوني أي الشرط الوارد في العلاقة (7 - 3) أو نسبة التسليح الحلزوني العظمى كما في العلاقة (8 - 3) .

### 3- 1- 4 - انكسار العناصر الخاضعة لضغط مركزي:

إن الأسباب التي تؤدي إلى تشقق وتصدع العناصر المعرضة لضغط مركزي كثيرة ومتشعبة فمنها ما هو متعلق بمادة البناء نفسها أو بعوامل خارجية مثل هبوط الأساسات ، أخطاء تنفيذية ، زيادة في الحمولات ، تأثيرات كيميائية ، التعرض للزلازل ، أو نتيجة حدوث الحرائق أو لأسباب أخرى كالتقلص والسيلان والتغير الحراري ..... الخ. وعلى سبيل المثال نلاحظ في الشكل 3- 6 التشققات المائلة الناشئة في عمود يتعرض لضغط مركزي نتيجة الحمولة الزائدة.



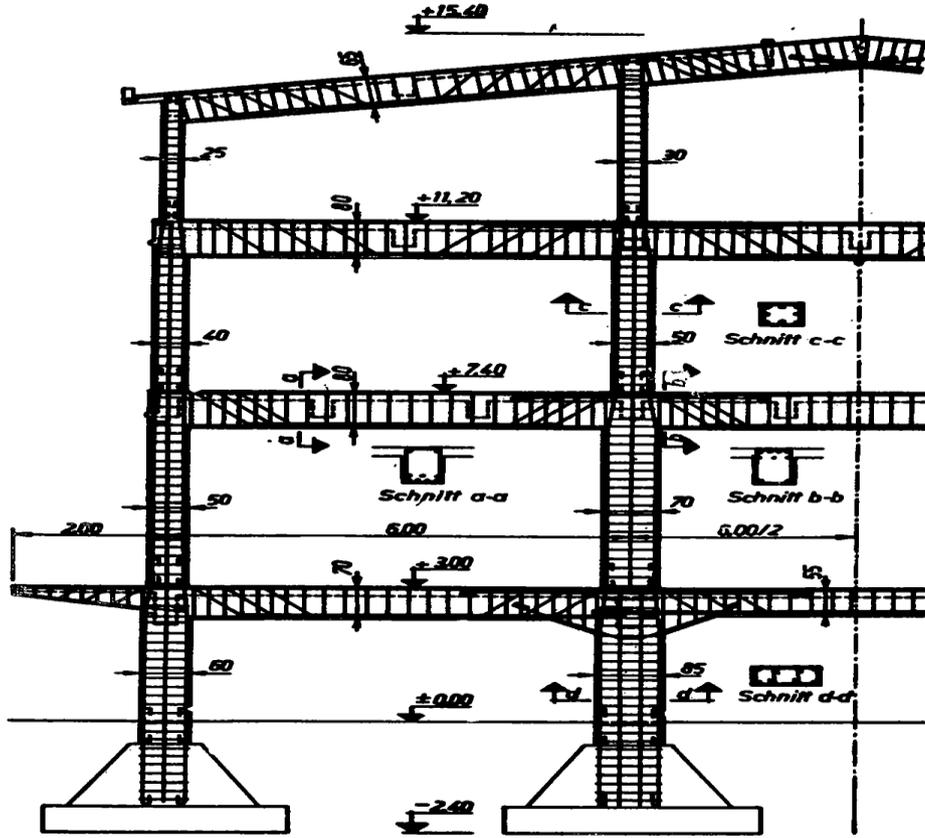
شكل 3- 6- التشققات المائلة في عمود يتعرض لضغط مركزي والناشئة بسبب الحمولات الزائدة .

يجب تنفيذ التسليح في العناصر الإنشائية وفق الشكل الصحيح وخاصة عند استمرارية عمود من طابق إلى آخر ، فإذا صغر المقطع العرضي للعمود في الطابق الأعلى عندئذ يجب أن يميل التسليح الطولي الخارجي قليلاً مع استخدام أساور أضيق بالتدرج حتى يصبح هذا التسليح الطولي متطابقاً مع التسليح الطولي في الطابق الأعلى مباشرة، كما في الشكل 3 - 7 .

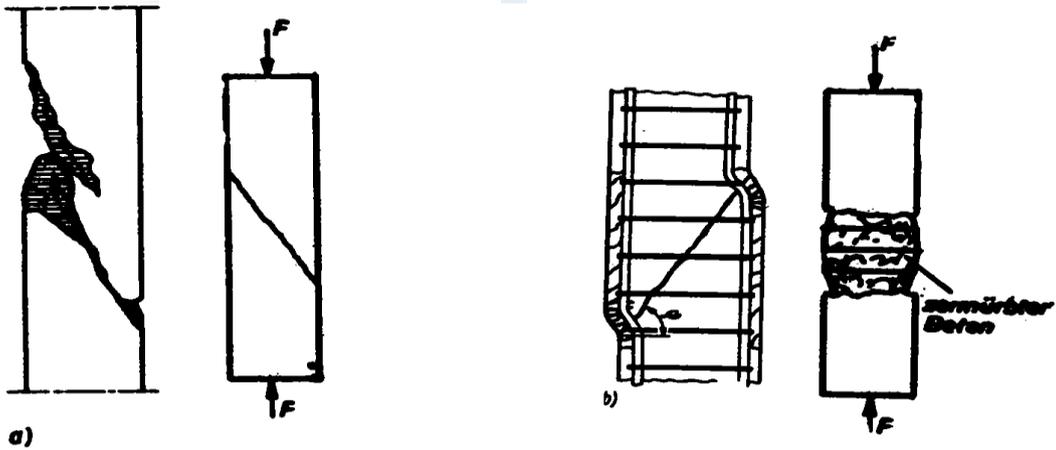


جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY

بشكل عام يكون انكسار العناصر المعرضة للضغط المركزي كما هو مبين  
بالشكل 3-8 .



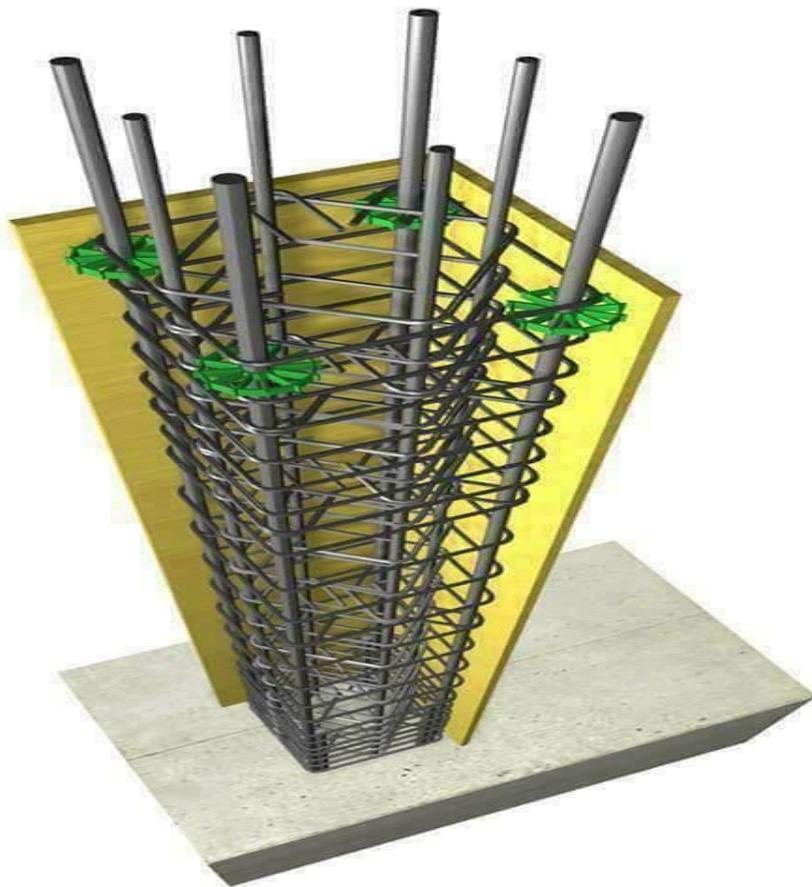
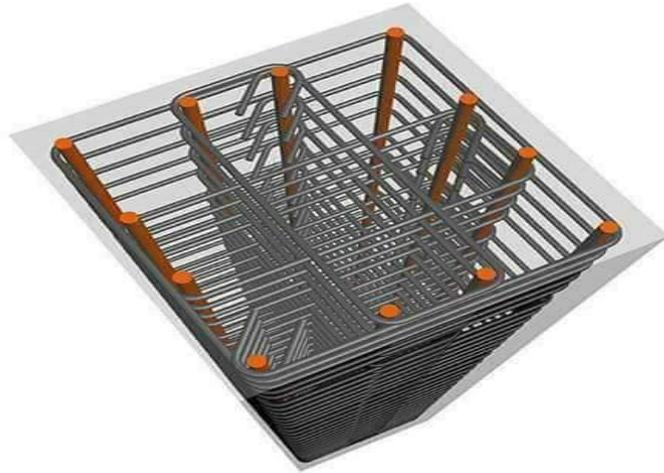
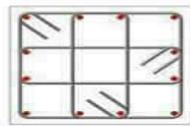
شكل 3-7 - تفاصيل التسليح في الأعمدة في بناء متعدد الطوابق



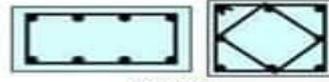
شكل 3-8 - انكسار الأعمدة الخاضعة لضغط مركزي .  
a - أعمدة بيتونية مسلحة .  
b - أعمدة بيتونية مسلحة .



جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY



MANARA UNIVERSITY



شكل (7)  
المقطع العرضية الرباعية



شكل (8)  
مقطع عرضي سداسي



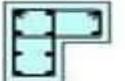
شكل (9)  
مقطع عرضي ثماني الأضلاع



شكل (10)  
مقطع عرضي دائري



شكل (11)  
مقطع حرف T



شكل (12)  
مقطع عرضي زاوي

### 2-2-1 أنواع الأعمدة حسب شكل المقطع:

تتنوع أشكال مقاطع الرقاب والأعمدة الخرسانية وفقا لمتطلبات التصميم المعماري والإنشائي للمنشأة والذي يحدد شكل مقطعها العرضي إلى الأشكال الرئيسية التالية:

أ- رباعية الأضلاع: أعمدة ذات مقطع عرضي رباعي الأضلاع كالمستطيلة والمربعة. كما هو موضح في شكل (7).

ب- سداسية الأضلاع: أعمدة ذات مقطع عرضي سداسي الأضلاع شكل (8)

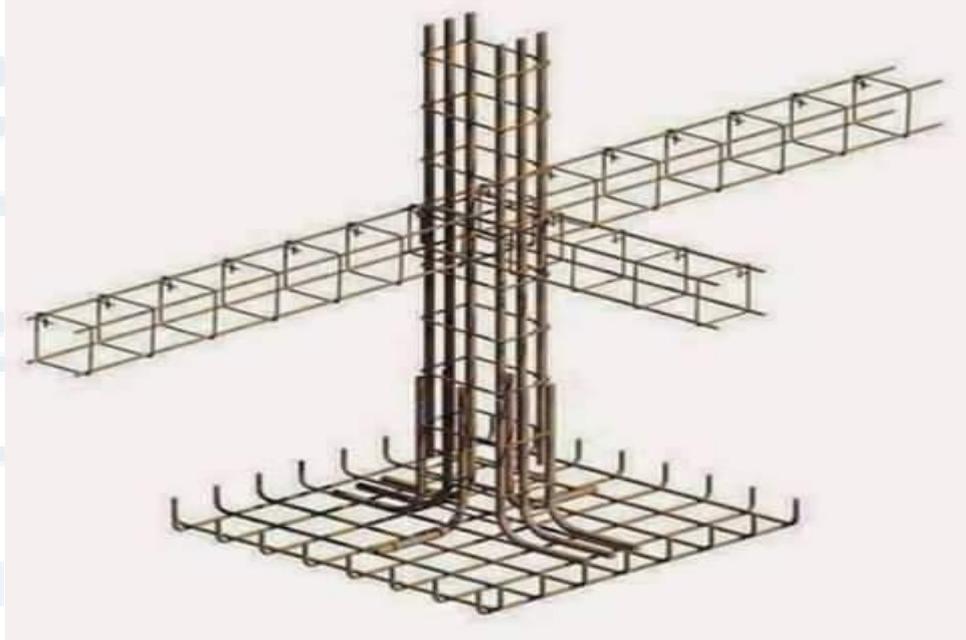
ج- ثماني الأضلاع: أعمدة ذات مقطع عرضي ثماني الأضلاع شكل (9).

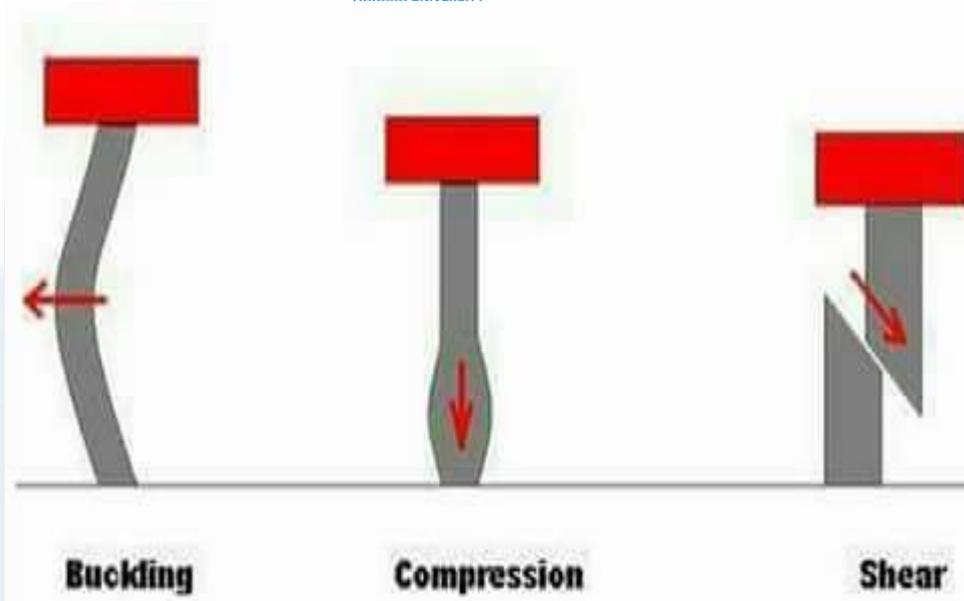
د- دائرية المقطع: أعمدة ذات مقطع عرضي دائري شكل (10).

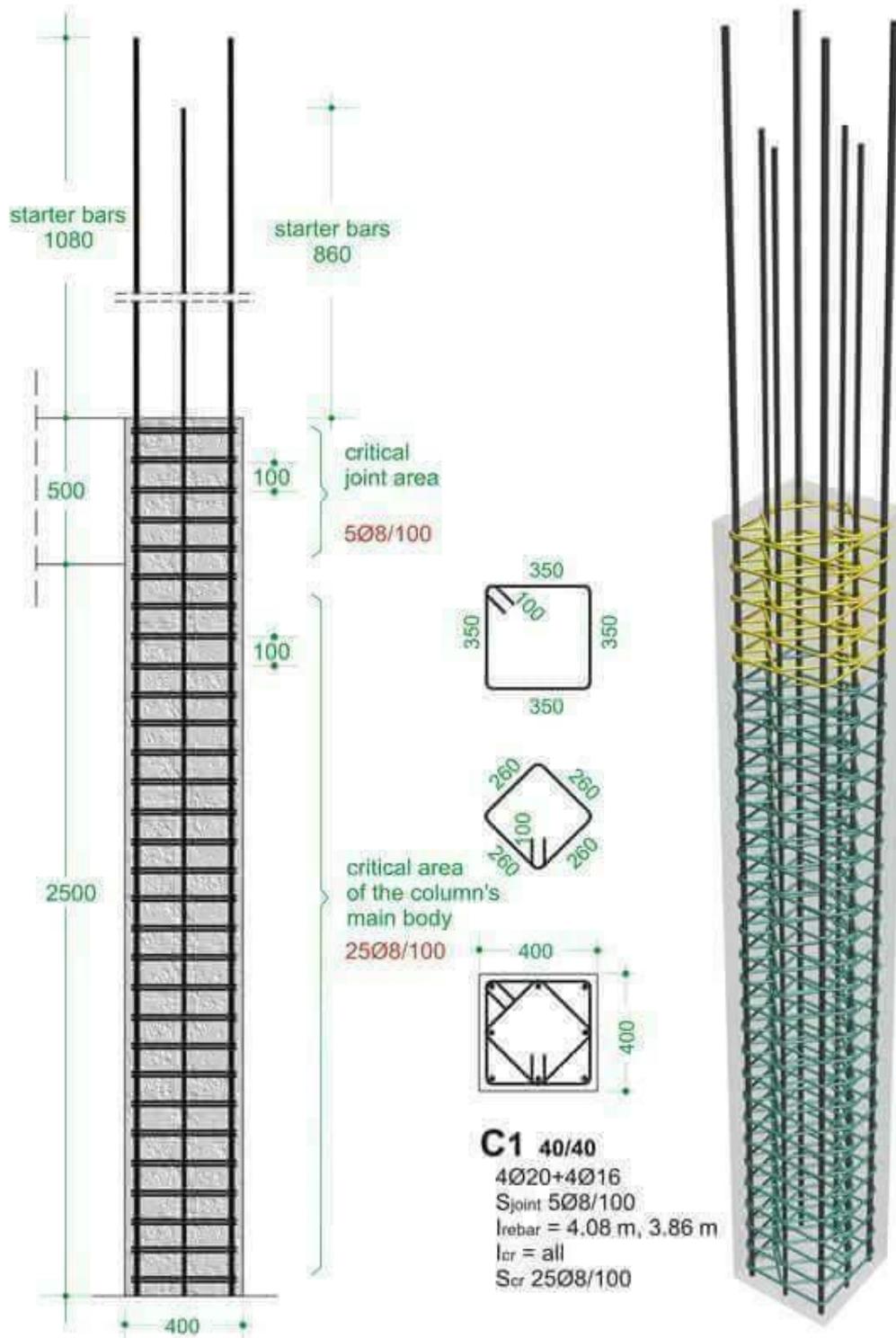
هـ- مقطع حرف T: أعمدة ذات مقطع عرضي على شكل حرف T شكل (11).

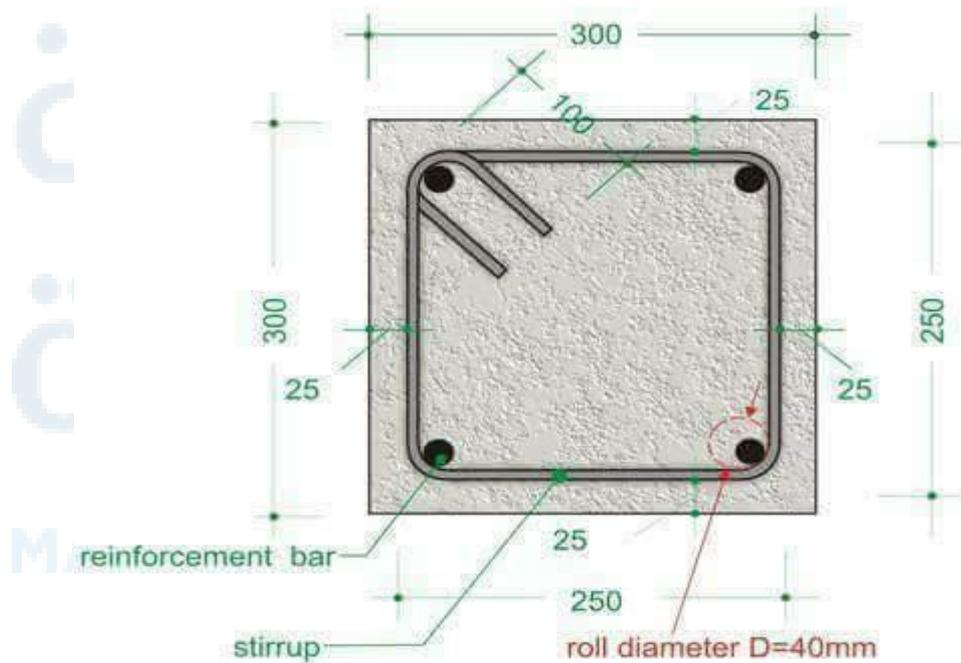
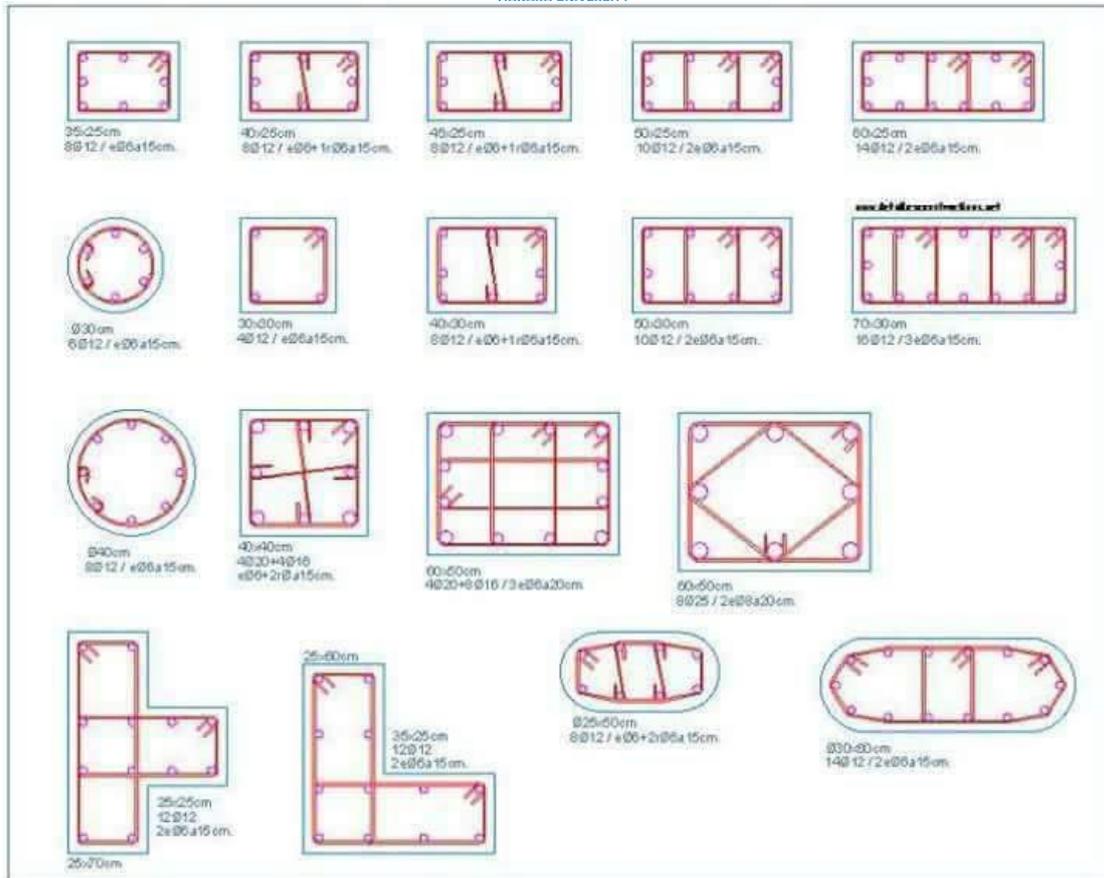
و- مقطع زاوي: أعمدة ذات مقطع عرضي حرف (L) وغالبا ما تنفذ في أركان المباني شكل (12).

وستعرض في مواضع هذه الوحدة إلى نوع الأعمدة ذات الشكل الرباعي والتي يتم استخدامها بكثرة في المنشآت، حيث إن الأنواع الأخرى يتم استخدامها كمتطلبات جمالية في التصميم المعماري، وسيتم التعرض لهذه الأنواع في وحدات لاحقة.











## أمثلة في حساب العناصر المعرضة لضغط بسيط :

### مثال 1:

عمود طرفي قصير أبعاده مقطعه العرضي 350 x 800 mm، يتعرض  
لحمولات مركزية دائمة مقدارها  $G = 1550 \text{ kN}$  ومؤقتة مقدارها  $p = 400 \text{ kN}$ ،  
 $A_s = 10\phi 20 \text{ mm}$  المقطع مسلح بـ  $f'_c = 20 \text{ N/mm}^2$ ،  $f_y = 240 \text{ N/mm}^2$   
يطلب التحقق من مقطع العمود .

الحل :

الحمولة القصوى المطبقة على المقطع :

$$N_u = 1.4G + 1.7P = 1.4 * 1550 + 1.7 * 400 = 2850 \text{ KN}$$

تحمل المقطع :

$$N_u = 0.8\Omega(0.85 f'_c A'_c + f_y A'_s)$$

$$= 0.8 * 0.65(0.85 * 20 * 350 * 800 + 240 * 3141.59)10^{-3}$$

$$= 2867.27 \text{ KN}$$

$$N_u = 2850 \text{ KN} < 2867.27 \text{ KN} \quad \text{ok}$$

فالمقطع محقق.

عمود وسطي قصير مقطعه العرضي مستطيل أبعاده 500 x 750 mm،  
معرض لحمولات مركزية دائمة مقدارها  $G = 1800 \text{ kN}$  ومؤقتة مقدارها  
 $p = 400 \text{ kN}$ ،  $f'_c = 18 \text{ N/mm}^2$ ،  $f_y = 240 \text{ N/mm}^2$ ، المطلوب تصميم المقطع  
العرضي للعمود مع توضيح التسليح على المقطع .

### مثال 2:

الحل :

الحمولة القصوى المطبقة على المقطع :

$$N_u = 1.4G + 1.7P = 1.4 * 1800 + 1.7 * 400 = 3200 \text{ KN}$$

حساب التسليح الطولي :

$$N_u = 0.8\Omega(0.85 f'c A'c + fyA's) = 3200 \text{ KN}$$

$$= 0.8 * 0.65(0.85 * 18 * 500 * 750 + 240 * A's)$$

$$A's = 1734.2 \text{ mm}^2$$

$$\mu's = \frac{A's}{A'c} = \frac{1734.2}{500 * 750} = 0.0046 < \mu's_{\min} = 0.01$$

فالمقطع النظري المطلوب لهذا العمود في حال اعتماد نسبة التسليح الدنيا 0.01

$$A'c = \frac{N_u}{0.8\Omega(0.85 f'c + fy\mu's_{\min})} = \frac{3200 * 10^3}{0.80 * 65(0.85 * 18 + 240 * 0.01)}$$

$$= 347675 \text{ mm}^2$$

يجب ألا تقل المساحة الدنيا التي يمكن استعمالها لهذا العمود عن 0.01 من المقطع النظري المحسوب أعلاه أي :

$$A's \geq 0.01 * 347675 = 3476.75 \text{ mm}^2$$

ولا تقل عن 0.006 من المقطع الفعلي المستخدم أي :

$$A's \geq 0.006 * 500 * 750 = 2250 \text{ mm}^2$$

لذلك نعتبر:

$$A's = 3476.75 \text{ mm}^2$$

ونختار :

$$A's = 6\Phi 22 + 4\Phi 22 = 3537.2 \text{ mm}^2$$

اختيار التسليح العرضي :

$$\Phi \geq 6 \text{ mm}$$

$$\geq \frac{d}{3} = \frac{22}{3} = 7.3 \text{ mm}$$

وايضا :

$$\geq 100 \text{ mm}$$

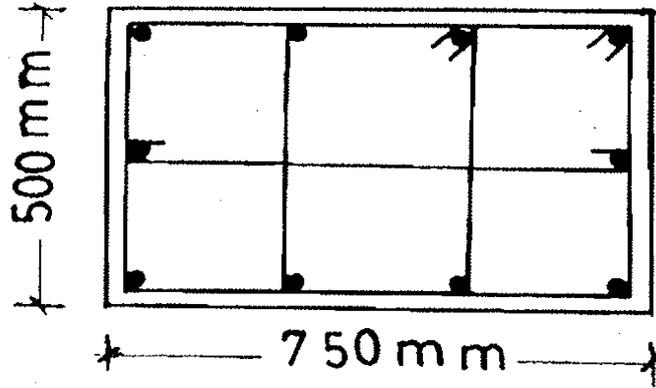
$$\leq b = 500 \text{ mm}$$

$$\leq 15d = 15 * 20 = 300 \text{ mm}$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

نختار :

$\Phi = 8 \text{ mm}$  كل :  $S = 250 \text{ mm}$  كما يبين توضع التسليح على المقطع العرضي التالي :



مثال 3:

عمود ركني قصير مقطعه مستطيل عرضه  $b = 400 \text{ mm}$  ، يتعرض  
لحمولات مركزية دائمة مقدارها  $1200 \text{ kN}$  ومؤقتة مقدارها  $300 \text{ kN}$  ،  
 $f_y = 240 \text{ N/mm}^2$  ،  $f'_c = 18 \text{ N/mm}^2$  . المطلوب تصميم المقطع .

الحل :

**الحل :**

نفرض نسبة تسليح دنيا

$$\mu'_s = \mu'_{s \min} = 0.01$$

وتكون الحمولات القصوى المطبقة :

$$N_u = 1.4G + 1.7P = 1.4 * 1200 + 1.7 * 300 = 2190 \text{ KN}$$

$$A'_c = \frac{N_u}{0.8\Omega(0.85 f'_c + f_y \mu'_s)} = \frac{2190 \cdot 10^3}{0.8 * 0.65(0.85 * 18 + 240 * 0.01)}$$

$$= 23740 \text{ mm}^2$$

$$h_t = \frac{A_c}{b} = \frac{237940}{400} = 594.85 \text{ mm}$$

ناخذ  $h_t = 600 \text{ mm}$  فيكون المقطع العرضي الفعلي  $400 * 600 = 240000 \text{ ملم}^2$

ومقطع التسليح اللازم

$$A'_s = \mu'_s * A'_c = 0.01 * 237940 = 2379.4 \text{ mm}^2$$

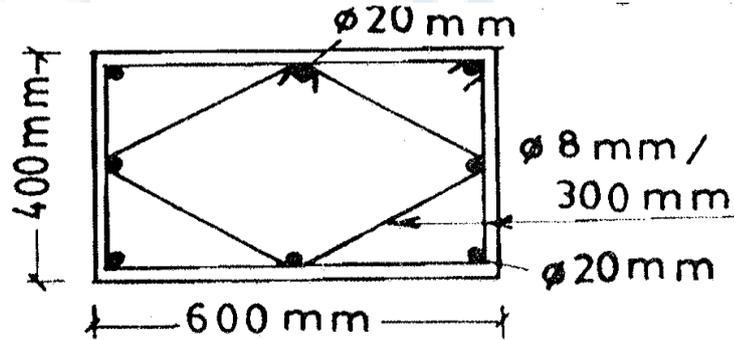
نتحقق من نسبة التسليح بالنسبة للمقطع الفعلي

$$\mu'_s = \frac{A'_s}{A'_c} = \frac{2379.4}{240000} = 0.99\% > 0.6\% \quad oK$$

نختار :

$$A'_s = 8\Phi 20 = 2513.27 \text{ mm}^2$$

نختار اساور :  $\Phi = 8 \text{ mm} / 300 \text{ mm}$  ونوزع التسليح كما يلي :



### مثال 4:

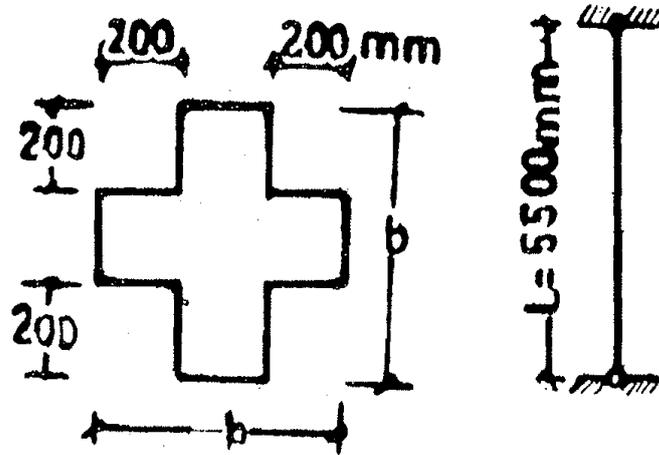
عمود وسطي قصير ارتفاعه 5500 mm ، مفصلي في الأعلى وفي الأسفل، مقطعه العرضي مبين على الشكل 3-11، يتعرض لحمولات مركزية دائمة مقدارها 1300kN بما في ذلك الوزن الذاتي ، ومؤقتة مقدارها  $f_y = 240 \frac{N}{mm^2}$  ،  $f'_c = 18 N/mm^2$  ، 590kN .  
والمطلوب تصميم العمود بحيث يكون مقطعه العرضي أصغر ما يمكن ، ثم توضيح التسليح على المقطع العرضي .

### الحل :

$$N_u = 1.4G + 1.7P = 1.4 * 1300 + 1.7 * 590 = 2823 \text{ KN}$$

نفرض نسبة تسليح عظمى

$$\mu'_s = \mu'_{s \max} = 0.025$$



$$A'_c = \frac{N_u}{0.8\Omega(0.85 f'_c + f_y \mu'_s)} = \frac{3823 \cdot 10^3}{0.8 * 0.65(0.85 * 18 + 240 * 0.025)} = 254875 \text{ mm}^2$$

$$b^2 - 4 * 200 * 200 = 254875.4 \Rightarrow b = 644.1 \text{ mm}$$

$$b = 650 \text{ mm} \quad : \quad \text{نأخذها}$$

$$A'_c = 262500 \text{ mm}^2 \Rightarrow N_u = 0.8 \Omega (0.85 f'_c A'_c + f_y A'_s) = 3823 \text{ KN}$$

$$= 0.8 * 0.65 (0.85 * 18 * 262500 + 240 * A'_s) \Rightarrow$$

$$A'_s = 13898.6 \text{ mm}^2$$

التحقق من التحنيب :

$$L_0 = L = 5500 \text{ mm}$$

$$I = 6.242187500 \text{ mm}^4$$

$$i_0 = \sqrt{I/A'_c} = 154.2 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_0}{i_0} = 35.66 < 40 \text{ ok}$$

$$A'_s = 16 \Phi 34 = 14526 \text{ mm}^2$$

اختيار قطر التسليح العرضي :

$$\Phi \geq 6 \text{ mm}$$

$$\geq \frac{d}{3} = \frac{34}{3} = 11.3 \text{ mm}$$

$$\leq 12 \text{ mm}$$

وايضا :

$$\leq b = 650 \text{ mm}$$

$$\leq 15d = 15 * 34 = 510 \text{ mm}$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

$$> 100 \text{ mm}$$

نختار :

$\Phi = 12 \text{ mm}$  كل :  $S = 200 \text{ mm}$  كما يبين توضع التسليح على المقطع العرضي التالي :

يرسم التسليح الطولي والعرضي على المقطع العرضي .

## مثال 5:

عمود قصير مقطعه دائري بقطر 550 ملم، يتعرض الى حمولات مركزية دائمة مقدارها 2250kN وحمولات مؤقتة مقدارها 600 kN .

- المقاومة المميزة لفولاذ التسليح الطولي ( $f_y = 400 \text{ Mpa}$ )

- المقاومة المميزة لفولاذ التسليح العرضي ( $f_{yp} = 400 \text{ Mpa}$ )

- المقاومة المميزة للبيتون ( $f'_c = 20 \text{ Mpa}$ )

المطلوب تصميم العمود .

### الحل :

$$N_u = 1.4G + 1.7 P = 1.4 * 2250 + 1.7 * 600 = 4170 \text{ KN}$$

$$N_u = 0.8\Omega(0.85 f'_c A'_c + f_y A'_s) = 4170 \text{ KN}$$

$$= 0.8 * 0.65(0.85 * 20 * \pi 550^2/4 + 400. A'_s)$$

$$A'_s = 16593 \text{ mm}^2$$

$$\mu'_s = \frac{A'_s}{A'_c} = \frac{16593}{237575.93} = 0.0609 > \mu'_{s \max} = 0.025$$

المقطع يحتاج تسليح حلزوني :

$$d = 550 \text{ mm} \quad d_k = 500 \text{ mm}$$

$$A'_k = \pi \frac{500^2}{4} = 196349.54 \text{ mm}^2$$

نفرض نسبة تسليح

$$\mu'_k = 0.025$$

$$A'_s = 0.025 * 16593 = 4908.59 \text{ mm}^2$$

$$N_u = 0.85\Omega A'_k (0.85 f'_c + f_y \mu'_k + 2.5 f_{yp} \mu'_{sp})$$

$$4170000 = 0.85 * 0.65$$

$$* 196349.54 (0.85 * 20 + 400 * 0.025 + 2.5 * 400 \mu'_{sp})$$

$$\mu'_{sp} = 0.0114$$

المقطع المكافئ للتسليح الحلزوني:

$$A'_{sp} = A'_k * \mu'_{sp} = 196349.54 * 0.0114 = 2246.07 \text{ mm}^2$$

نختار خطوة الحلزون:

$$S = 50 \text{ mm}$$

$$\frac{d_k}{5} = \frac{500}{5} = 100 \text{ mm}$$

$$< 80 \text{ mm}$$

$$> 40 \text{ mm}$$

وتكون مساحة مقطع قضيب الحلزون

$$a'_{sp} = \frac{S * A'_{sp}}{\pi * d_k} = \frac{50 * 2246.07}{\pi * 500} = 71.5 \text{ mm}^2 \Rightarrow \Phi = 10 \text{ mm}$$

التحقق من الامان ضد انهيار الغطاء الخرساني:

$$1.5(0.85 f'_c A'_c + f_y A'_s) \geq 0.85 f'_c A'_k + f_y A'_s + 2.5 f_{yp} A'_{sp}$$

$$\begin{aligned} 1.5(0.85 * 20 * 237575.9 + 400 * 4908.59) \\ \geq 0.85 * 20 * 196349.54 + 400 * 4908.59 + 2.5 * 400 * 2246.07 \\ \Rightarrow 9003339.45 \geq 7547448.18 \text{ ok} \end{aligned}$$

التحقق من نسب التسليح الحلزوني:

تحقيق نسبة التسليح العظمى:

$$\mu'_{sp \max} = 0.34 \left[ \left( 1.412 \frac{A'_c}{A'_k} - 1 \right) * \frac{f'_c}{f_{yp}} + 0.484 * \frac{A'_s}{A'_k} * \frac{f_y}{f_{yp}} \right]$$

$$\begin{aligned} \mu'_{sp \max} = 0.34 \left[ \left( 1.412 * \frac{237575.93}{196349.54} - 1 \right) * \frac{20}{400} + 0.484 * \frac{4908.59}{196349.54} \right. \\ \left. * \frac{400}{400} \right] = 0.01615 \geq \mu'_{sp} = 0.0114 \text{ ok} \end{aligned}$$

تحقيق نسبة التسليح الدنيا:

$$\mu'_{sp \min} = 0.45 \left( \frac{A'_c}{A'_k} - 1 \right) * \frac{f'_c}{f_{yp}} = 0.45 \left( \frac{237575.93}{196349.54} - 1 \right) * \frac{20}{400}$$

$$= 0.0047 < 0.0114 \text{ ok}$$

نختار تسليح طولي :

$$A'_s = 12\Phi 24 = 5427.6 \text{ mm}^2$$

نختار قطر قضيب الحلزون والخطوة :

$$S = 50 \text{ mm} \quad \text{قطر } \Phi = 10 \text{ mm} \text{ بخطوة}$$

توزيع التسليح على المقطع العرضي كما في الشكل :

